La migration d’avalaison de l’anguille européenne *Anguilla anguilla* : caractérisation des fractions dévalantes, phénomène de migration et franchissement d’obstacles, par Caroline DURIF, Cemagref Bordeaux, Unité Ressources aquatiques continentales, 50 avenue de Verdun, 33612 Cestas Cedex, FRANCE. [caroline.durif@cemagref.fr]

Thèse de Doctorat en Écologie Aquatique, Université Paul-Sabatier, Toulouse III/Cemagref, 2003. 348 p., 133 figs, 33 tabs, 253 réfs.

La migration d’avalaison de l’anguille argentée constitue la dernière phase continentale de son cycle biologique. Le danger que représente pour ces anguilles la possibilité d’entraînement dans les turbines des centrales hydroélectriques nous amène à réfléchir sur la possibilité de développer des indicateurs permettant d’évaluer la fraction d’anguilles dévalantes, de prévoir les pics de dévalaison par rapport aux facteurs environnementaux et d’étudier des solutions pour l’évitement et le franchissement des obstacles à la dévalaison. Une caractérisation physio-anatomique et morphologique des stades de transition entre les écophases jaune et argentée mâle et femelle a été réalisée sur un échantillon de plus de mille anguilles provenant de huit sites, répartis sur plusieurs bassins versants en France. Grâce à l’application de méthodes d’analyse de données cinq stades successifs ont été définis chez les femelles et trois chez les mâles, principalement basés sur le développement des gonades, la résorption du tractus digestif et l’augmentation d’hormone gonadotrope. Dans un deuxième temps, une méthode standard a été développée pour la prise de mesures et l’attribution des anguilles aux stades à partir des seuls critères morphométriques. Ceci permet de procéder à des suivis de l’évolution de fractions de population d’anguilles ainsi qu’à l’estimation de la proportion de futurs dévalants dans une population en place, la saison de migration donnée.

Le phénomène de migration d’avalaison a été étudié à partir de 12 années de données de pêcherie d’avalaison sur la Loire (44) et trois années d’expérimentations réalisées aux abords d’une microcentrale hydroélectrique sur la Nive (64) : captures journalières d’anguilles au niveau d’un piège d’avalaison, suivi télémétrique et mesure d’activité d’individus en milieu confiné. Les résultats ont permis de dégager la notion de fenêtre environnementale de migration : les anguilles dévalent lors de chute de conductivité et de hausse de turbidité généralement associées à une hausse de débit, ce facteur jouant le rôle de vecteur de migration. L’obscurité s'avère une condition nécessaire au déclenchement et à la persistance du phénomène. La prévision des épisodes de dévalaison sur des petits cours d’eau ou à des niveaux amonts de grands bassins versants est possible à partir du débit. L’étude du comportement des anguilles face à l’obstacle a montré qu’elles sont capables de remonter le courant et de chercher des voies de passage alternatives. Les grilles de protection des turbines des centrales hydroélectriques ont vraisemblablement un effet répulsif sur les anguilles même lorsqu'elles sont physiquement capables de passer au travers. Une réduction de l’espacement des grilles de 3 à 2 cm est toutefois préconisé pour les anguilles de petites tailles. Les dispositifs d’évitement doivent toutefois être associés à des exutoires de dévalaison, qu’ils soient localisés en surface ou vers le fond, comme cela a été constaté au cours des tests d’efficacité réalisés dans ce travail.

Summary. - The downstream migration of the European eel *Anguilla anguilla*: characterisation of migrating silver eels, migration phenomenon, and obstacle avoidance.

The downstream migration of silver eels is the last continental phase of their life cycle. The danger represented by possible entrainment in the turbines of hydroelectric power plants leads us to consider ways of developing indices to evaluate quantitatively the fraction of migrants, to predict migration runs in relation to environmental parameters, and to study solutions for the avoidance and safe passage of downstream migrating eels.

A physio-anatomical and morphological characterisation of the transitional stages between the yellow and silver phases was achieved: this description was performed on a sample of more than a thousand male and female eels, captured at eight sites distributed on several watersheds in France. Data analysis methods were carried out to define five successive stages for female eels and three for males. These methods are based on the development of gonads, regression of the digestive tract and increase of pituitary gonadotropin hormone (GTH II). Fundamental knowledge obtained on the eco-physiology of silver eels mainly concerns the definition of each silvering stage up until the typical migrating stage for male and female eels as well as their sequence in time. In terms of application, these results allowed us to build indices based on biometrical measurements, for the identification of the silvering stages. A standard method was then suggested to measure the morphological parameters on the eel and to assign a stage.

Downstream migration was studied through the analysis of twelve years of data from a silver eel fishery on the Loire river and through experiments, which took place during three years in the vicinity of a hydroelectric power plant on the Nive River: daily trapping of migrating eels, radiotracking of migrants, and measurement of eel activity in closed tanks. Downstream runs occur in autumn, when photoperiod reduces and temperature decreases the most. Results led us to the notion of “environmental migration windows”: eels will migrate when there is a fall in conductivity, an increase in turbidity generally associated to a rise in water flow; this parameter operates as a migration vector. Darkness is the necessary condition to the start and persistence of downstream migration. Thus, migration is achieved through several runs. The prediction of downstream runs can be done based on water flow, on small rivers and upstream of large catchments. Eel behavior is rather flexible as it was observed throughout the study of eels confronted to an obstacle: they are capable of swimming back against the water flow and to find alternative ways of passage. The trashrack located in front of the water intakes of the power plant has a repulsive effect on the eels, regardless of the physical possibility for them to pass through it. However, a reduction of the bar spacing from 3 to 2 cm, is recommended for eels less than 55 cm. Turbine avoidance devices must nevertheless be associated to fish bypasses, which can be located either at the surface or bottom of the water column, such as it was observed through efficiency tests performed in this study.

Key words. - Anguillidae - *Anguilla anguilla* - France - Loire River - Nive River - Downstream migration - Silvering - Typology - Obstacle - Behavior - Environmental factors.